



Государственный комитет  
Совета Министров СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 551504

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 20.06.75 (21) 2146360/10

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

(43) Опубликовано 25.03.77. Бюллетень № 11

(45) Дата опубликования описания 30.05.77

(51) М. Кл.<sup>2</sup>

G 01 C 11/04

(53) УДК 588.722.8  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

В. Ф. Чекалин, А. П. Рудаков, А. М. Жилкин и А. М. Котлярский

(71) Заявитель

-

## (54) СПОСОБ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ФОТОСНИМКОВ

1

Изобретение относится к фотограмметрии.

Известен способ стереоскопического измерения координат точек фотоснимков, заключающийся в стереоскопическом измерении стереомодели и регистрации результатов измерений.

Недостатком известного способа является малая производительность измерений, обусловленная тем, что для стереоскопического измерения оператор последовательно наводит измерительную марку на выбранные точки путем перемещения кареток снимков или компонентов наблюдательной системы при помощи соответствующих штурвалов.

С целью устранения указанного недостатка, в предложенном способе измерение стереомодели выполняют путем определения положения осей визирования глаз относительно оптических осей наблюдательной системы, а регистрацию положения осей визирования выполняют в моменты текущей фиксации глаз.

На фиг. 1 изображена схема наблюдения фотоснимков; на фиг. 2 - схема изме-

2

5 рения углового положения оси визирования глаза в вертикальной плоскости; на фиг. 3 - схема измерения величин; на фиг. 4 - система координат; на фиг. 5 - блок-схема прибора для реализации предлагаемого способа.

Возможность измерения координат идентичных точек фотоснимков стереопары предлагаемым способом обусловлена физиологическими особенностями стереоскопического зрения человека. Известно, что при рассматривании какого-либо предмета оба глаза человека непрерывно совершают три основных вида синхронных движений: дрожание, т.е. покачивание с угловой скоростью 20° в сек и амплитудой 10-15"; мерцание, т.е. вращение с угловой скоростью 600° в сек и амплитудой 0,3-5,0"; дрейфование, т.е. очень медленное покачивание с угловой скоростью 1' в сек и амплитудой 5'.

Кроме того, в процессе стереоскопического наблюдения глаза человека совершают быстрые синхронные конвертирующие движения.

В результате всех этих движений на сетчатке глаз человека возникают изображения рассматриваемого предмета, смещенные относительно друг друга. Возникающая разность в положении идентичных точек изображений, называемая физиологическим параллаксом, дает возможность человеку оценивать пространственную глубину предмета. Стереозффект в мозгу человека возникает при условии, что на зрительных осях его глаз располагаются идентичные точки изображений (предмета). Следовательно, если в момент возникновения стереозффекта при рассматривании двух перекрывающихся фотоснимков оси глаз человека продолжить, то они пересекутся в точке, лежащей на поверхности стереомодели, и пройдут через одноименные точки фотоснимков. Зафиксировав положение зрительных осей глаз относительно какой-либо неподвижной оси, мы получим угловые координаты наблюдаемых точек. Регистрации угловых положений осей визирования глаз оператора в предлагаемом способе целесообразно выполнять относительно главных оптических осей соответствующих ветвей наблюдательной системы. Зная параметры оптической системы, угловое положение осей визирования глаз оператора, положение кареток стереоприбора и места нулей измерительных устройств,<sup>30</sup> можно получить координаты идентичных точек фотоснимков стереопары.

В связи с тем, что при рассматривании объекта глаза оператора движутся не плавно, а скачками (макродвижения), регистрация результатов измерений выполняют в моменты фиксации, т.е. в моменты между скачками. Длительность фиксации зависит от информационной емкости рассматриваемых объектов и колеблется от 0,2 до 0,7 сек. Скачки глаз происходят с очень большой амплитудой и высокой угловой скоростью, эти параметры позволяют надежно выявить фиксации.

Выполнение же в момент текущей фиксации глаза  $n$  измерений позволяет повысить точность фиксирования углового положения осей визирования глаз примерно в  $\sqrt{n}$  раз.

В предложенном способе при возникновении стереозффекта оператор рассматривает, например, точку А стереомодели. Оси визирования его глаз проходят в этом случае через точки  $\alpha'$  и  $\alpha''$  фотоснимков 1 и 2. При наблюдении точки В стереомодели глаза оператора повернутся на некоторые углы вокруг центров их вращения 3 и 4, центры зрачков переместятся из точек  $\alpha^0$  и  $\alpha^{0''}$  в точки  $\beta^0$  и  $\beta^{0''}$ , а оси визирования глаз пройдут через точки  $\beta'$  и  $\beta''$  на фотоснимках <sup>60</sup>

1 и 2. Фотоснимки 1 и 2 расположены на каретках обычного стереоприбора, перемещаемого в плоскости фотоснимков по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

5 Угловое положение осей визирования глаз оператора определяют путем измерения положения центров зрачков в какой-либо системе координат. С этой целью изображения глаз оператора выводят из наблюдательных ветвей с помощью частично серебрянных зеркал 5 и 6. При использовании наблюдательной системы глаза оператора помещаются так, чтобы центры входных зрачков размещались в центрах О выходных зрачков 7 окуляров (см. фиг. 2). Рассматриваемое изображение располагается в плоскости 8, удаленной от центра выходного зрачка окуляра на расстояние наилучшего видения глаза (параметр  $\ell$  окуляра, равен примерно 250 мм). За начало отсчета углового положения глаз целесообразно взять главный луч наблюдательной системы  $OO''$ . При рассматривании точки М изображения, глаз оператора повернется на угол  $\alpha$ , а измеряемая величина будет равна отрезку  $OM$  равному  $\Delta x$ . Для определения ее значения достаточно знать угол  $\alpha$ , например окуляра (отрезок  $OO''$ ) и радиус перемещения входного зрачка глаза оператора (отрезок  $KO'$ ). Угол  $\alpha$  определяют путем измерения отрезка  $O'M$ , лежащего в плоскости выходного зрачка 7 окуляра, величина  $\ell$  известна из паспорта окуляра и уточняется при юстировке; величина  $r$  определяется из специальных исследований. Таким образом.

$$\Delta x = \frac{KO \cdot O'M}{KO'} = \frac{(\ell + r) \cdot O'M}{r}$$

40 Аналогично определяется величина в горизонтальной плоскости (см. фиг. 3). Для приведения значений данных величин к масштабу снимка необходимо учесть значение коэффициента увеличения  $V$  оптической наблюдательной системы:

$$\delta x' = \frac{\Delta x}{V}; \quad \delta y' = \frac{\Delta y}{V}$$

По полученным данным определяют искомые величины координат точек фотоснимков (см. фиг. 4).

$$x_A = \Delta x_A + \delta x'_A; \quad x_n = \Delta x_n + \delta x'_n;$$

$$y_A = \Delta y_A + \delta y'_A; \quad y_n = \Delta y_n + \delta y'_n;$$

50 Величины  $\Delta x_A, \Delta y_A, \Delta x_n, \Delta y_n$  определяют путем фиксирования положения кареток стереоприбора.

Предлагаемый способ позволяет получить наибольший эффект при использовании прибора аналитического типа, имеющего в

своем составе ЭВМ (см. фиг. 5). Оператор располагается за прибором обычным образом, и после выполнения взаимного ориентирования фотоснимков с использованием измерительной марки, начинается последовательное рассматривание стереомодели либо по параллельным маршрутам, либо по ортогональным линиям, захват в первом случае равен диаметру поля зрения наблюдательной системы. Длительность рассматривания модели определяют исходя из необходимой точности выполнения работ с учетом сложности рельефа местности. Измерительная марка при рассматривании стереомодели не требуется. Входные зрачки 9 глаз 10 оператора находятся вблизи центров выходных зрачков 11 окуляров 12. В процессе рассматривания стереомодели положение зрачков 9 меняется относительно зрачков 11. В фокальных плоскостях 13 окуляров 12 объективами 14 строятся изображения фотоснимков 15, которые освещаются источниками света 16. Свет от источников света 16, пройдя всю оптическую систему, освещает глаза оператора, изображения которых с помощью объективов 17, призм-куб 18, имеющих частично серебрянную внутреннюю грань, и окуляров 12, строятся в предметных плоскостях, например, телевизионных автоматов 19, осуществляющих определение пространственных координат входных зрачков 9 глаз оператора относительно центров выходных зрачков 11 окуляров 12. Телевизионные автоматы осуществляют автоматическую фокусировку изображений глаз на экранах видеоканалов и определение величин  $\delta x$ ,  $\delta y$ ,  $\delta z$ . На выходе телевизионных автоматов получают сигналы, пропорциональные величинам  $\delta x'_A, \delta y'_A, \delta z'_A$  и  $\delta x'_B, \delta y'_B, \delta z'_B$ , которые затем поступают в электронный анализатор 20 движений глаз, осуществляющий определение фиксации глаз по амплитуде и скорости изменения координат  $\delta x'$  и  $\delta y'$ . Определив момент фиксации, анализатор 20 вырабатывает команды блоку 21 опроса датчиков  $\Delta x$  и  $\Delta y$  правого и левого фотоснимков. Величины  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , а также величины  $\delta x', \delta y'$  и  $\delta z'$  синхронно направляют-

ся в блок 22, осуществляющий запись результатов измерений в цифровой форме.

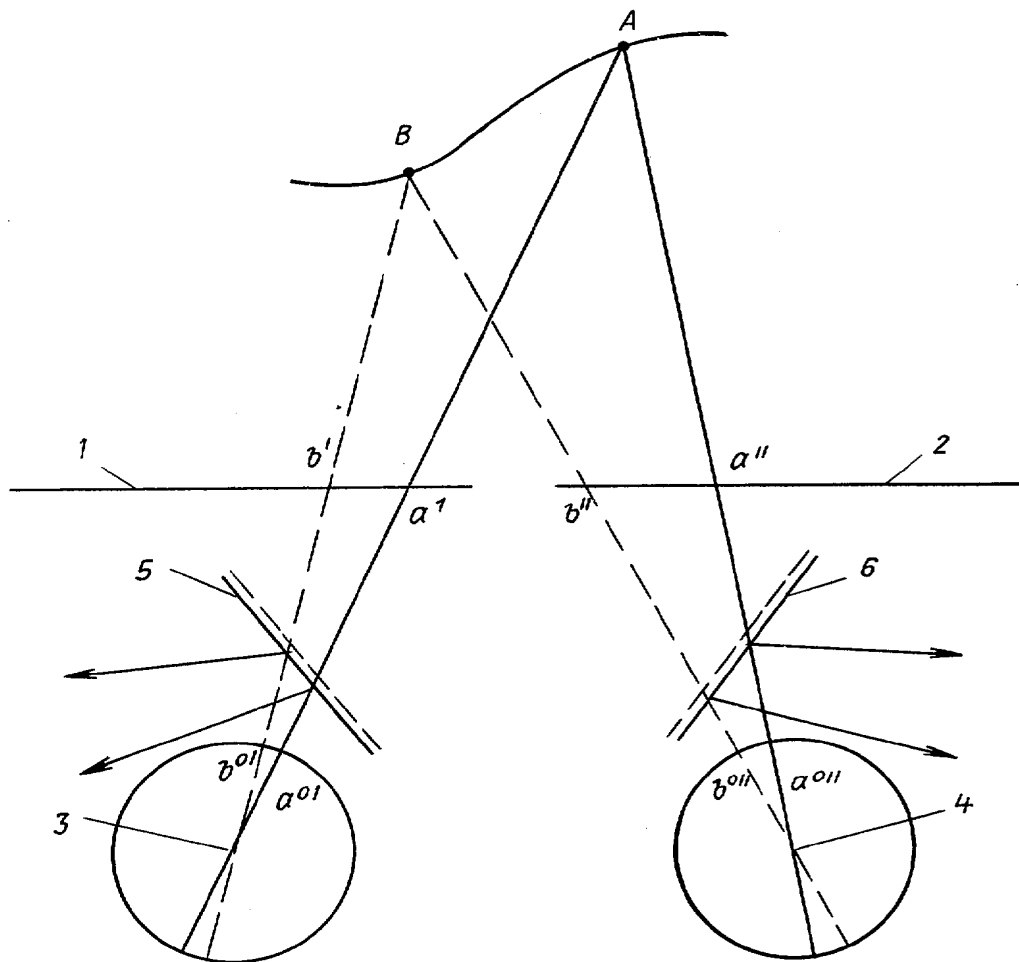
В связи с тем, что оператор располагается за прибором свободно, его голова может перемещаться и при этом входные зрачки его глаз не совпадают с центрами выходных зрачков окуляров, что приводит к ошибкам измерений. Для исключения этих ошибок или уменьшения их влияния движения головы оператора можно ограничивать, либо компенсировать это влияние с использованием следящей системы, построенной, например, на принципе измерения аналогичными телевизионными автоматами блика от глаза, формируемого инфракрасным источником излучения, и коррекции в реальном масштабе времени величин  $\delta x$  и  $\delta y$  с использованием при этом сигналов расфокусировки  $\delta z$ .

Исключение же систематических ошибок, вызываемых смещением центра вращения глаз при визировании на различные точки стереомодели, несоответствием длины измеряемого отрезка  $OM$  соответствующей наблюдаемой точки длине дуги перемещения зрачка глаза и т.п., выполняют путем исследования системы оператор-прибор по контрольным сеткам и введения поправок в результаты измерений, например, по полиномам.

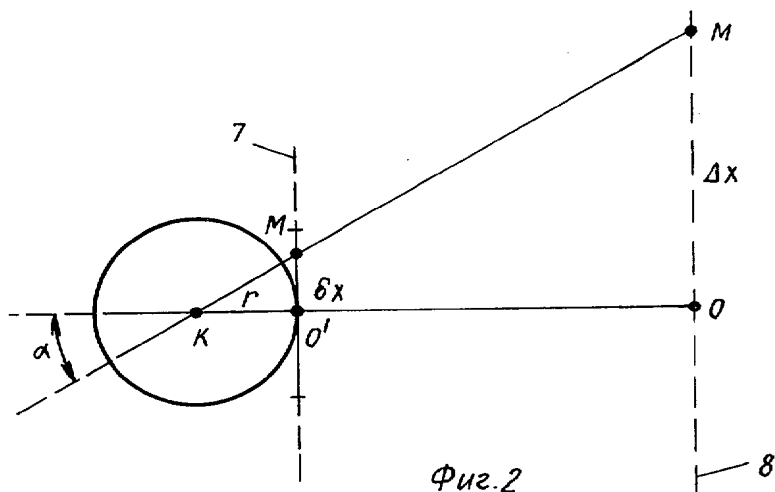
Результаты измерений на приборе обрабатываются в ЭВМ, и полученные геодезические координаты  $X_r$ ,  $Y_r$  и  $Z_r$  точек служат либо для ортофототрансформирования, либо для рисовки рельефа местности.

### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

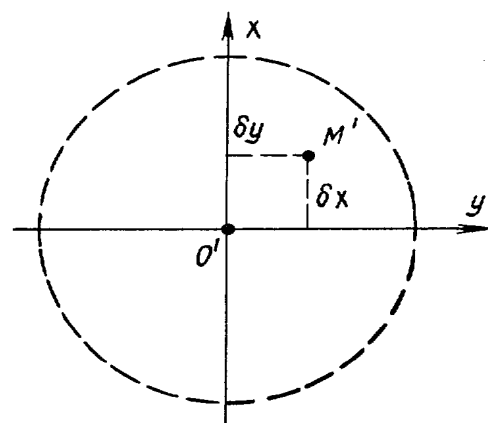
Способ стереоскопического измерения координат точек фотоснимков, заключающийся в стереоскопическом измерении стереомодели и регистрации результатов измерений, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности измерений, измерение стереомодели выполняют путем определения положения осей визирования глаз относительно главных оптических осей наблюдательной системы, а регистрацию положения осей визирования глаз выполняют в моменты текущей фиксации глаз.



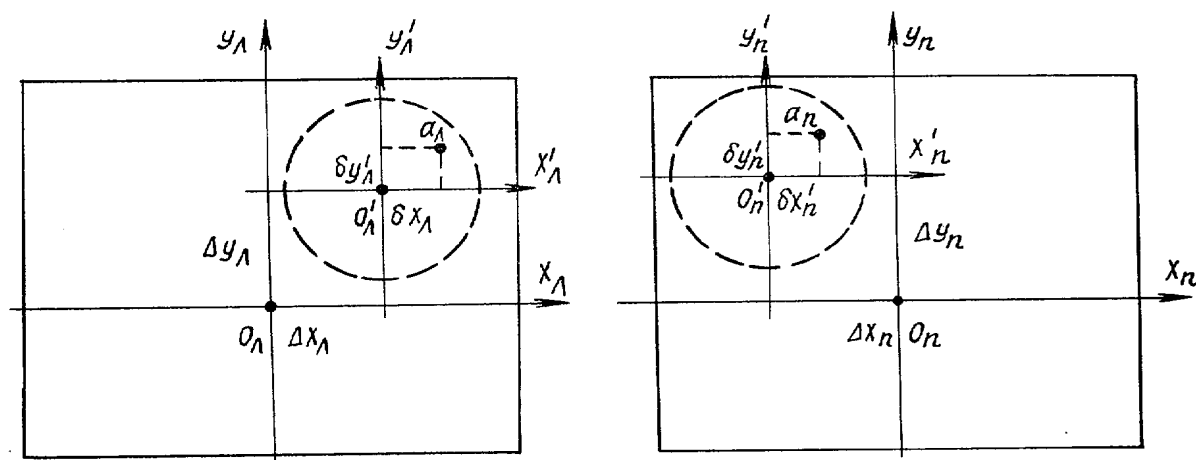
Фиг. 1



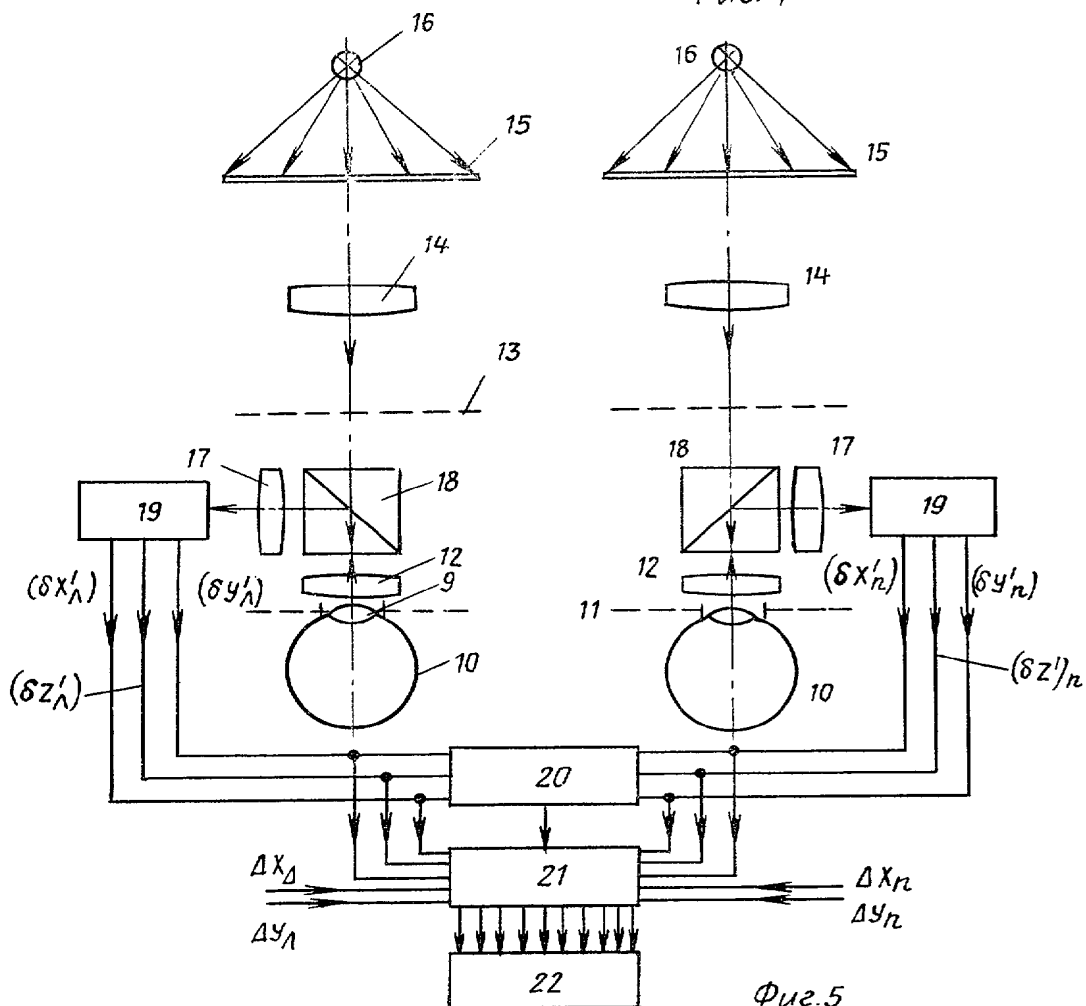
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

Составитель А. Михайлов

Редактор О. Стенина Техред И. Асталов Корректор А. Власенко

Заказ 113/21

Тираж 822

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР  
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4